

## Wehrhahn-Linie in Düsseldorf: Planung Architektur und Ausführung

I. Pähler, St. Danieli

Im Juni 2010 feiert die Studiengesellschaft für unterirdische Verkehrsanlagen e.V. (STUVA) ihr 50-jähriges Bestehen mit einer Jubiläums-Vortragsveranstaltung in ihrer „Geburtsstadt“ Düsseldorf. Der folgende Beitrag ist eines von vielen hochinteressanten, spannenden und kompetent vorgetragenen Themen. Mit der im Bau befindlichen Wehrhahn-Linie wird das U-Bahn-Netz in der Düsseldorfer Innenstadt komplettiert. Durch den Streckenverlauf werden die östlichen und westlichen Stadtteile Düsseldorfs mit dem Zentrum verbunden.

Mit der im Bau befindlichen Wehrhahn-Linie wird der heute bereits vorhandene U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee gekreuzt, der als zentraler Umsteigepunkt erheblich an Bedeutung gewinnen wird.

Die ca. 3,4 km lange neue Strecke wird in einen separaten Süd- und Ostabschnitt unter-

Dipl.-Geol. Ingo Pähler, Amt für Verkehrsmanagement, Leiter Abteilung Brücken-, Tunnel- und Stadtbahnbau, Landeshauptstadt Düsseldorf/D

Dipl.-Ing. Stefan Danieli, Amt für Verkehrsmanagement, Leiter Abteilung Brücken-, Tunnel- und Stadtbahnbau, Projektleitung Wehrhahn-Linie, Landeshauptstadt Düsseldorf/D

teilt, da in Projektmitte ein ca. 180 m langes Teilstück der Wehrhahn-Linie bereits im Jahre 1983 fertig gestellt wurde. In beiden Streckenabschnitten wird auf insgesamt 2,3 km Strecke ein Tunnel mit einem Durchmesser von 9,50 m im Hydroschildverfahren in den quartären Kiesen und Sanden der Rheinterrasse aufgeföhren. Zudem werden neben 2 in offener Bauweise zu erstellenden Rampen 5 U-Bahnhöfe in Deckelbauweise und ein U-Bahnhof mit Hilfe der Vereisungstechnik erstellt. Um in der Innenstadt die Beeinträchtigung der Wohn- und Arbeitswelt zu reduzieren, wurde einerseits mit der Deckelbauweise und dem Schildvortrieb eine oberflächenschonende Bauweise gewählt. Andererseits wird der

## Wehrhahn Line in Düsseldorf: Planning, Design and Execution

I. Pähler, St. Danieli

In June 2010 the Research Association for Underground Transportation Facilities Inc. (STUVA) celebrates its 50<sup>th</sup> birthday with a series of lectures to mark the jubilee held in its “place of birth” Düsseldorf. The following report is one of the many highly interesting, exciting and stimulating topics that were presented. The Metro network in downtown Düsseldorf will be rounded off by the Wehrhahn Line, which is currently under construction. The route will link the eastern and western parts of the city with the centre.

The Metro network in downtown Düsseldorf will be rounded off by the Wehrhahn line, towards this end the existing Heinrich-Heine-Allee Metro Station will be intersected and will gain great importance as a central transfer point.

The roughly 3.4 km long new route is split up into separate south and north sections, as an approx. 180 m long part-section of the Wehrhahn Line at its centre was completed back in 1983. In both route sections a 9.50 m diameter tunnel is to be driven using the hydro-shield method in the Rhine Terrace quaternary gravels and sands over a total length of 2.3 km. Furthermore apart from 2 ramps to be created by cut-and-cover, 5 Underground stations are to be produced by the top cover method and 1 using freezing technolo-

gy. In order to restrict the nuisance factor for residents and the world of work as much as possible, on the one hand a “gentle” construction method was chosen for surface activities in the form of the top cover method and shield driving. On the other the notion of “urban compatibility” is written with

Dipl.-Geol. Ingo Pähler, Office for Transport Management, Head of the Department for Bridge, Tunnel and Urban Rail Construction, regional capital of Düsseldorf/D

Dipl.-Ing. Stefan Danieli, Office for Transport Management, Head of the Department for Bridge, Tunnel and Urban Rail Construction, Project Management Wehrhahn Line, regional capital of Düsseldorf/D

Begriff ‚Stadtverträglichkeit‘ in Düsseldorf sehr groß geschrieben. Hierbei werden in einer dauerhaften Öffentlichkeitsarbeit und einem gut funktionierenden Anliegermanagement alle wesentlichen Schritte im Bauprozess frühzeitig vorgestellt und im Detail erläutert, um in einer Kooperationsgemeinschaft auch Anlieger und Öffentlichkeit von der neuen Wehrhahn-Linie zu überzeugen.

## 1 Einleitung

Düsseldorf (Bild 1) ist eine der attraktivsten und wirtschaftlich bedeutendsten Städte bundesweit. Knapp 600.000 Einwohner zählt die Landeshauptstadt Nordrhein-Westfalens. Sie liegt zentral in der Rhein-Ruhr-Region, dem größten Ballungsraum Deutschlands. In einem Einzugsgebiet von 50 km leben etwa 9 Mio. Menschen. Rund 450.000 Arbeitnehmer sind in der Rhein-Metropole in den unterschiedlichsten Branchen beschäftigt. Zahlen, die deutlich machen: Ein moderner Öffentlicher Personennahverkehr (ÖPNV) ist für Düsseldorf ein wichtiger Faktor. Er bietet mehr Lebens- und Erlebnisqualität und der Wirtschaft optimale Bedingungen für nachhaltiges Wachstum.

Seit 1973 baut Düsseldorf deshalb ein U-Bahnnetz auf, um das Zusammenspiel von Individualverkehr und ÖPNV zu optimieren. Durch die Verlagerung unter der Erdoberfläche fließt der Verkehr besser, gleichzeitig werden an der Oberfläche neue Gestaltungsspielräume gewonnen. Dank des heute bereits bestehenden U-Bahnnetzes mit insgesamt rund 10 km Länge rollt der Verkehr störungsunabhängig unter der City bis zum Hauptbahnhof und darüber hinaus. Es bündelt bereits heute die Linien aus dem Norden und Westen der Stadt. Zwei in den



1 Leben in Düsseldorf

1 Life in Düsseldorf

1990er Jahren und nach dem Jahrtausendwechsel gebaute Zulaufstrecken binden den Südosten der Stadt an.

Die neue City-Unterführung – die Wehrhahn-Linie – komplettiert dieses Netz, bindet auch den Osten der Stadt mit U-Bahnen an und führt unter den Einkaufsstraßen Am Wehrhahn und Schadowstraße in den Süden der Stadt. Sie reduziert die Fahrzeiten mit der Stadtbahn erheblich. Die Menschen in der Rheinmetropole sind noch schneller in der Bewegung und erreichen leichter ihr Ziel. Zentraler Umsteigepunkt: der neue U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee. Unter dem bereits bestehenden Bahnhof entsteht ein Zugang zur Wehrhahn-Linie, den jeden Tag mehrere Tausend Fahrgäste nutzen werden. Besonders erfreulich: der niveaugleiche Einstieg entlang des Linienweges. Menschen mit eingeschränkter Mobilität können überall leicht ein- und aussteigen. Die Zeiten der Hochbahnsteige gehören damit der Vergangenheit an. Aber auch an der Oberfläche wird zu merken sein, dass unter der Erde alles besser läuft. Denn durch die Trennung von Fahrbahn und Schienenweg entsteht auf den Straßen mehr Platz für Radfahrer und Fußgänger.

capital letters in Düsseldorf. In this connection all important steps in the construction process are introduced at an early stage and explained in detail as part of an on-going PR campaign and well functioning coordination with local residents so that local residents and the general public can be convinced of the value of the new Wehrhahn Line.

## 1 Introduction

Düsseldorf (Fig. 1) is one of the most attractive and economically most significant cities in Germany. North Rhine Westphalia's regional capital has a population of almost 600,000. It is located centrally in the Rhine-Ruhr region, Germany's greatest urban conurbation. Around 9 mill. people live in a 50 km catchment area. Around 450,000 work in various branches in the Rhine metropolis. Figures that clearly reveal: a modern public transportation system represents an important factor for Düsseldorf. It affords more living and lifestyle quality as well as optimal conditions for sustainable growth.

As a consequence Düsseldorf has been engaged in developing a Metro network since 1973 in order to optimise the in-

terplay of private motoring and public transportation. Through relocation beneath the earth's surface, traffic flows better while at the same time new scope for development is provided on the surface itself. Thanks to the existing Metro network, which is now some 10 km long, traffic runs without disturbance below the centre to the Main Station and further afield. Currently it links up the lines running from the north and west of the city. Two access routes built in the 1990s and after the turn of the millennium connect the south-east of the city.

The new city undercrossing – the Wehrhahn Line – rounds off this network, links the east of the city through Underground trains and runs to the south of the city below the shopping streets Am Wehrhahn and Schadowstraße. This reduces travelling times with the urban railway considerably. The people in the Rhine metropolis can move around more swiftly and get to their destination more rapidl.

The central transfer point: the new Heinrich-Heine-Allee Metro Station. An access to the Wehrhahn Line is being constructed below the already existing station, which will be used by thousands of passengers on a daily basis. A leading aspect: boarding at the same level along the entire route.

People with restricted mobility will be able to get on and off with ease. The days of elevated platforms thus belong to the past. However, it also becomes evident on the surface just how much better everything is running underground. For more space is made available for cyclists and pedestrians by separating the road surface and tram tracks.

The Rheinbahn will run over the Wehrhahn Line from 2015 with 3 new lines U71, U72 and

Die Rheinbahn wird auf der Wehrhahn-Linie ab 2015 mit den drei neuen Linien U71, U72 und U73 verkehren und damit die heutigen Straßenbahnlinien 703, 712 und 713 ersetzen.

## 2 Das Projekt

### 2.1 Übersicht

Von besonderer Bedeutung ist die Wehrhahn-Linie für das regionale Verkehrskonzept, weil sie zwei wichtige S-Bahnhöfe direkt miteinander verbindet und über den Knotenpunkt Heinrich-Heine-Allee mit den bestehenden U-Bahnstrecken verknüpft: den S-Bahnhof Wehrhahn im östlichen Stadtgebiet und den S-Bahnhof Bilk im Süden Düsseldorfs. Beide sind zukünftig schneller, unkomplizierter und nicht zuletzt auch barrierefreier zu erreichen. So bietet die Wehrhahn-Linie einen besseren Anschluss an Verbindungen der Deutschen Bahn.

Aus dieser Sichtweise ergibt sich der 3,4 km lange Streckenverlauf der neuen Wehrhahn-Linie als Verbindung dieser markanten Verkehrspunkte. Zwei Haltepunkte und sechs Bahnhöfe, die sich wie folgt im Süd- und Ostabschnitt verteilen (Bild 2).

Ostabschnitt Wehrhahn-Linie:

- Haltestelle Wehrhahn
- U-Bahnhof Jacobistraße/Pempelforter Straße
- U-Bahnhof Schadowstraße
- U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee

Südabschnitt Wehrhahn-Linie:

- U-Bahnhof Benrather Straße
- U-Bahnhof Graf-Adolf-Platz
- U-Bahnhof Kirchplatz
- Haltestelle Bilk

In Projektmitte ist seit 1983 bereits das erste Teilstück der Wehrhahn-Linie vorhanden. Im Zuge des damaligen Bauloses 1S wurde der Bogen zwischen dem Süd- und Ostast auf ca.

180 m als Rohbautunnel für die beiden Gleise 1 und 2 fertig gestellt (Teilstück zwischen Haltestelle Heinrich-Heine-Allee und Benrather Straße, Bild 3).

Bei der Wehrhahn-Linie werden die neuen U-Bahnhöfe die heute vorhandenen sieben Straßenbahnhaltestellen ersetzen. Der wichtigste U-Bahnhof ist Heinrich-Heine-Allee als Umsteigepunkt zu den vorhandenen Stadtbahnen. Die U-Bahnhöfe werden grundsätzlich so angeordnet, dass über die Zugangsanlagen eine optimale

U73 thus replacing the still existing 703, 712 and 713 tram lines.

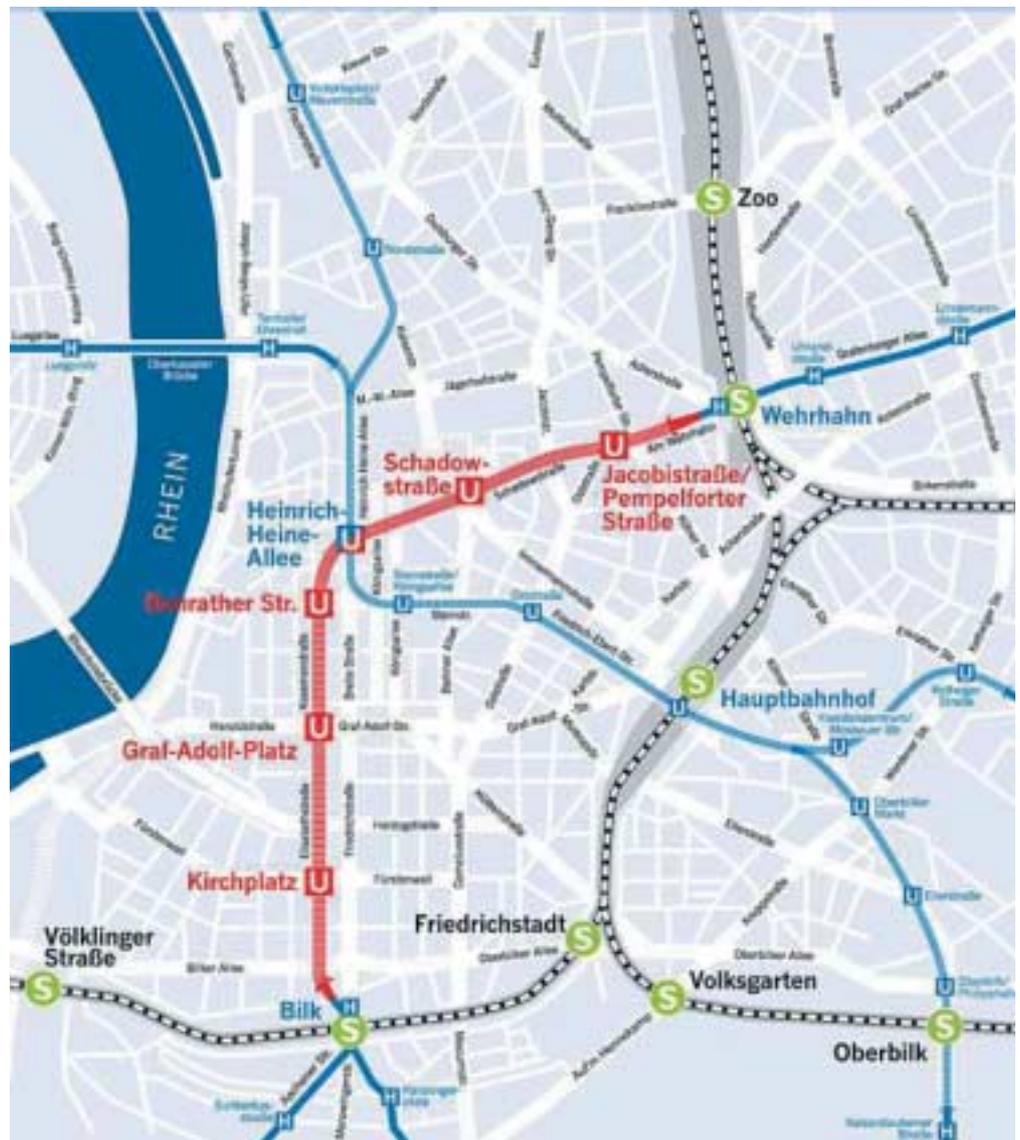
## 2 The project

### 2.1 Overview

The Wehrhahn Line is of particular importance for the regional transport concept as it connects 2 important S-Bahn stations directly with one another and links up with the existing Metro lines via the Heinrich-Heine-Allee hub: the Wehrhahn S-Bahn station in

the eastern part of the city with the Bilk S-Bahn station in the south of Düsseldorf. In future both will be reachable more quickly with fewer complications quite apart from being barrier-free. The Wehrhahn Line will thus provide a better connection with Deutsche Bahn train service.

The 3.4 km long route of the new Wehrhahn Line will thus become a key link with 2 halts and 6 stations, which are distributed in the south and east city sections (Fig. 2).



2 Streckenverlauf Wehrhahn-Linie

2 Wehrhahn Line route



3 Das erste Teilstück der Wehrhahn-Linie aus dem Jahre 1983

3 The first part-section of the Wehrhahn Line from 1983

Erschließung und kurze Umsteigewege erreicht werden. Dabei werden die Zugangsanlagen entsprechend dem Verkehrsaufkommen und sicherheitsrelevanter Aspekte – kriminaltechnische Prävention und Brandschutz – an dem jeweiligen Bahnhof dimensioniert. Die Bahnsteige haben eine Nutzlänge von 90 m und bedingt durch den Einsatz eines niederflurigen Stadtbahnfahrzeuges eine Bahnsteighöhe von 0,25 m. Die Bahnsteigkanten werden für den Betrieb eines 2,40 m breiten Fahrzeuges ausgelegt. Es besteht später die Möglichkeit, ohne großen bautechnischen Aufwand die Bahnsteigkanten für 2,65 m breite Fahrzeuge herzurichten. Die Nutzbreiten der Bahnsteige werden bezogen auf den Fahrzeuglichtraum eines 2,65 m breiten Fahrzeuges vermaßt.

Zu den Bahnsteigen werden insbesondere für mobilitätseingeschränkte Personen Aufzüge vorgesehen. Fahrtreppen verbinden die verschiedenen Verkehrsebenen miteinander und sorgen für eine bequeme und schnelle Beförderung der Fahrgäste.

Die Baukosten der Wehrhahn-Linie belaufen sich auf 650 Mio. Euro und werden durch Bund, Land und Stadt finanziert.

## 2.2 Der Zeitplan

Die Stadt Düsseldorf hat in projektsteuernder und projektleitender Funktion das Gesamtprojekt in terminlicher Hinsicht wie folgt unterteilt:

- Planungsphase von 2002 bis 2006
- Bausführung von 2007 bis 2014.

Die Inbetriebnahme der Wehrhahn-Linie durch den Betreiber, die Rheinbahn AG, ist nach dem Probetrieb für 2015 vorgesehen.

Im Jahre 1999 gab die Stadt Düsseldorf den offiziellen Startschuss für die Wehrhahn-Linie. In seiner Sitzung am 19. August 1999 hat der Rat der Landeshauptstadt Düsseldorf den Beschluss zur Planung der Trasse der „Wehrhahn-Linie“ gefasst. In der Folgezeit wurden Untersuchungen zum Projektumfang und deren Finanzierung durchgeführt. Ab 2002 begannen die konkreten Planungen zur sogenannten Kernstrecke. Die erforderlichen

Wehrhahn Line east section:

- Wehrhahn stop
- Jacobistraße/Pempelforter Straße Metro Station
- Schadowstraße Metro Station
- Heinrich-Heine-Allee Metro Station.

Wehrhahn Line south section:

- Benrather Straße Metro Station
- Graf-Adolf-Platz Metro Station
- Kirchplatz Metro Station
- Bilk stop.

Since 1983 the first part-section of the Wehrhahn Line has existed at the centre of the project. As part of the then 15 contract section the arc between the south and east artery was produced as a roughwork tunnel for the 2 platforms 1 and 2 over a distance of some 180 m (part-section between the Heinrich-Heine-Allee stop and Benrather Straße, Fig. 3).

The new Metro stations along the Wehrhahn Line will replace the existing 7 tram stops. The most important Metro station is Heinrich-Heine-Allee for transferring to the existing urban trains. The Metro stations will basically be set up in order to ensure optimal accessibility and short transit distances via the access facilities. In this connection the access facilities will be dimensioned according to the volume of traffic and aspects relating to safety – crime prevention and fire protection – at the various stations. The platforms will have a service length of 90 m and through the deployment of low-floor urban rail cars, the platform height will be 0.25 m. The platform edges will be designed for 2.40 m wide rolling stock. Later it will be relatively easy to redesign the platform edges for 2.65 m wide rolling stock. The service widths of the platforms will be dimensioned to accommodate a 2.65 m wide train.

Lifts will be provided to allow persons with restricted mobility in particular to access the platforms. Escalators connect the various concourses and cater for comfortable and speedy conveyance of passengers.

The Wehrhahn Line will cost some 650 mill. euros and is to be financed by the federal and regional governments as well as the city

## 2.2 Timetable

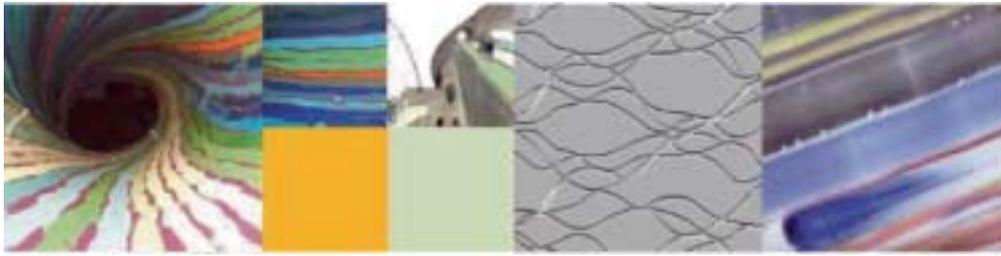
The City of Düsseldorf, which bears the responsibility for the project, has divided the overall project up as follows with regard to scheduling:

- planning phase from 2002 till 2006
- execution of construction 2007 till 2014.

The Wehrhahn Line is intended to go into service through its operator, the Rheinbahn AG, in 2015 following trial runs.

In 1999 the City of Düsseldorf officially approved the start of the Wehrhahn Line project. At its session on August 19, 1999, the council of the regional capital of Düsseldorf decided in favour of giving the green light for planning the route for the “Wehrhahn Line”. Subsequently investigations were undertaken to establish the extent of the project and how it was to be financed. The concrete planning phase for the so-called core route was embarked on in 2002. The required planning services were provided by the following offices:

- Roughwork: JV Wehrhahn Line comprising the offices Schüssler-Plan, Zerna Ingenieure, Spiekermann Ingenieure, Ing.-Büro Wendt – Düsseldorf
- Architectural development: Netzwerk-Architekten – Darmstadt
- Operational technical development: BT-Plan Ing.-Gesellschaft – Darmstadt-Utilities: Emch und Berger – Karlsruhe.



4 „Unterirdisches Kontinuum“

4 "Underground continuation"

Planungsleistungen wurden durch folgende Büros erbracht:

■ Rohbau: Ingenieurgemeinschaft Wehrhahn-Linie bestehend aus den Büros Schüssler-Plan, Zerna Ingenieure, Spiekermann Ingenieure, Ing.-Büro Wendt - Düsseldorf

■ Architektonischer Ausbau: Netzwerk-Architekten – Darmstadt

■ Betriebstechnischer Ausbau: BT-Plan Ing.-Gesellschaft – Darmstadt

■ Haustechnik: Emch und Berger – Karlsruhe.

Die Stadt Düsseldorf hat hierbei besonderes Augenmerk auf eine tiefgreifende Planung gelegt, um nicht nur auf Grundlage einer nachgewiesenen, grundsätzlichen technischen Machbarkeit – was der Entwurfsplanung gemäß HOAI entspricht – auszusprechen, sondern hat im Rahmen der Ausführungsplanung alle technischen Besonderheiten und Details untersucht und konnte dadurch eine qualitativ und quantitativ hochwertige und vor allem auch transparente Rohbau-Ausschreibung auf den Markt bringen. In gleicher Form mit ähnlicher Detailtiefe werden zurzeit die Ausschreibungen für den Ausbau der U-Bahnhöfe erstellt.

Für die 7-jährige Bauausführung sind folgende Zeiten vorgesehen:

- 2007 – 2013: Rohbau
- 2012 – 2014: Ausbau.

Konkret ist eine Rohbauzeit von ca. 5,5 Jahren geplant. In der ersten Hälfte finden dabei

die Bautätigkeiten grundsätzlich sichtbar an der Oberfläche statt. Von Mitte 2010 bis zum Rohbauende werden die meisten Arbeiten dann unter Tage durchgeführt, so dass sich zu diesem Zeitpunkt die bauliche Inanspruchnahme von Flächen im innerstädtischen Bereich erheblich entspannt. Gleiches gilt auch für die ca. 2,5-jährigen Ausbautätigkeiten in den 6 U-Bahnhöfen.

### 2.3 Neue U-Bahnhöfe

Die Gestaltung der neuen U-Bahnhöfe soll zum Verweilen einladen und zur Stadt Düsseldorf passen: weltoffen und einladend, innovativ und überraschend, anspruchsvoll und anregend. Kurz: Eine gute „Visitenkarte“ für die Landeshauptstadt Nordrhein-Westfalens und ihre Einwohner.

Um dieses Ziel zu erreichen, veranstaltete die Stadt Düsseldorf einen internationalen Architekturwettbewerb. Das Konzept der Netzwerk-Architekten, einem jungen Team aus Darmstadt, überzeugte am meisten. Sie betrachten die Wehrhahn-Linie als ein „unterirdisches Kontinuum“ (Bild 4) – eine Art eigenständige Parallelwelt unter Tage. Verbunden sind die beiden Welten – Straßenoberfläche und U-Bahn-Welt – durch kegelförmige Lichtschlitze, durch die natürliches Licht zu den U-Bahnhöfen gelangt.

Ein besonderes Flair erhalten die U-Bahnhöfe der Wehr-

In this respect the City of Düsseldorf called for extensive planning based on the principle of proven technical feasibility – regarding the design planning in keeping with HOAI – as well as investigating all technical aspects and details within the scope of planning the execution and as a result came up with a transparent roughwork tender, which was both qualitatively and quantitatively high-grade. At present the tenders for furnishing the Metro stations are being produced in similar form with the same attention to detail.

The following times are foreseen for the 7-year period of executing construction:

- 2007 – 2013: roughwork
- 2012 – 2014: furnishing.

The roughwork period has been definitely planned to last roughly 5.5 years. In this connection during the first half, construction activities will essentially take place visibly on the surface. As from mid-2010 until the roughwork is concluded, most jobs will then be carried out underground so that at this time there will be less need to make use of areas in the city centre for construction purposes. The same also applies to the approx. 2.5 year long furnishing activities in the 6 Metro stations.

### 2.3 New Metro Stations

The new Metro stations are to be designed in such a way that they are appealing and fit in with the City of Düsseldorf:

cosmopolitan and inviting, innovative and surprising, sophisticated and stimulating. In short: a good “visiting card” for the regional capital of Düsseldorf and its inhabitants.

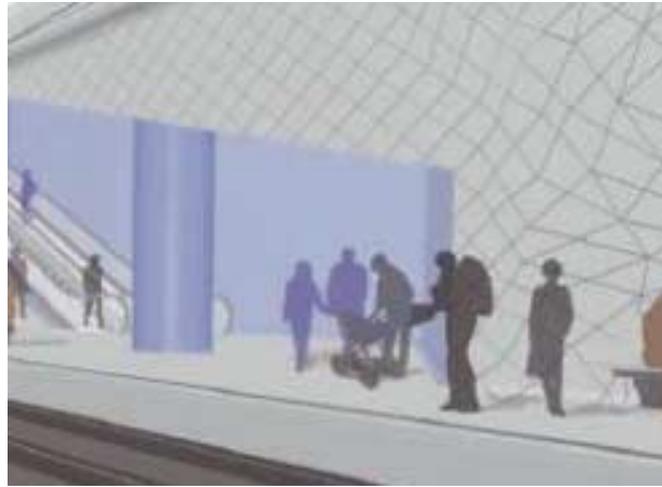
In order to achieve this goal the City of Düsseldorf staged an international architectural competition. The concept put forward by the Netzwerk-Architekten, a young team from Darmstadt, was the most convincing. They consider the Wehrhahn Line to represent an “underground continuation” (Fig. 4) – a kind of independent parallel world below the surface. The 2 worlds – the surface area and the Metro world – are connected by means of conical light slots, through which natural light reaches the Metro stations.

Furthermore the Wehrhahn Line Metro stations are accorded a special flair by the creative design of the concrete walls (Fig. 5). The concrete is specially produced so that its surface appears extremely high-grade. In addition it possesses a relief structure reminiscent of a passport or identification card. Thus seen from a distance there is the optical impression of an undulating wave structure. The natural light, which reaches the platform from the surface, is rounded off by lighting elements – wall and ceiling lights – which are installed at irregular intervals. Such interplay not only provides uniform lighting in the Metro tubes but also sets special visual accents.

Information, which is important for passengers, is shown on tried-and-tested display panels. The route offers optimal comfort for all passengers – including those with restricted mobility. At each stop lifts travel directly to the surface, only low-floor rolling stock of the Type NF8U will be deployed on the route. In this way all new platforms have level accesses.

hahn-Linie zudem durch eine kreative Gestaltung der Betonwände (Bild 5). Der Beton wird speziell gestaltet, damit seine Oberfläche besonders hochwertig wirkt. Darüber hinaus weist er eine dem Sicherheitsmuster des Reisepasses oder Personalausweises nachempfundene Reliefstruktur auf. So ergibt sich von Weitem der optische Eindruck einer sich weitenden und zusammenziehenden Wellenstruktur. Das natürliche Licht, das von der Straßenoberfläche zum Bahnsteig gelangt, wird durch unregelmäßig angeordnete Beleuchtungselemente – Wand- und Deckenfluter – ergänzt. Dieses Zusammenspiel lässt nicht nur die U-Bahn-Röhren in gleichmäßigem Licht erstrahlen, sondern setzt darüber hinaus zusätzliche visuelle Akzente.

Informationen, die für Fahrgäste wichtig sind, werden über bewährte Anzeigetafeln bereitgestellt. Optimalen Komfort bietet die Strecke für alle Fahrgäste – auch für Menschen mit eingeschränkter Mobilität. Aufzüge führen an jeder Haltestelle direkt zur Oberfläche, die Strecke wird komplett mit Niederflurwagen des Typs NF8U betrieben. Ein eben-



5 U-Bahnhof der Wehrhahn-Linie mit einer dem Reisepass nachempfundenen Reliefstruktur

5 Wehrhahn Line Metro station with a relief structure based on a passport

erdiger Einstieg ist so an allen neuen Bahnsteigen gewährleistet.

Bei der Wehrhahn-Linie ersetzen sechs U-Bahnhöfe und zwei oberirdische Haltepunkte die heutigen sieben Straßenbahnhaltestellen. Zentraler U-Bahnhof im Verlauf der neuen Strecke ist die Heinrich-Heine-Allee als Umsteigepunkt zu den bestehenden Stadtbahn-Linien. Die U-Bahnhöfe werden grundsätzlich so angelegt, dass sie optimal erschlossen und über kurze Umsteigewege erreicht

Six Metro stations and 2 underground stops will replace the present 7 tram stops for the Wehrhahn Line. The Heinrich-Heine-Allee as the transfer point to the existing urban railway lines represents the central Metro station on the new route. The stations will be set up in such a way that they are optimally developed. The platforms are 90 m long. The height amounts to only 25 cm thanks to the low-floor rolling stock that will be deployed.

### 2.3.1 Stops on the new Wehrhahn Line Wehrhahn S Stop

The Wehrhahn S stop is located on the bridge above the DB rail facilities. The side platforms are to be moved some 6.60 m towards the east. Access is from the western side. Pedestrian crossings regulated by traffic signals are foreseen here.

### Jacobistraße/Pempelforter Straße Metro Station

The Jacobi/Pempelforter Straße Metro Station is located where the Oststraße meets up with the "Am Wehrhahn" street and embraces 2 side platforms each 3.30 m wide. It can be reached via 5 accesses, which lead to 2 concourses and which alternately consist of fixed stairways and escalators. The travelling level and the distribution level are linked together in similar fashion. In addition 2 lifts travel to the surface.

### Schadowstraße Metro Station

The Schadowstraße Metro Station (Fig. 6) is located beneath the point where the Berlin Allee and Schadow Straße converge and embraces 2 side platforms each 4.50 m wide. The



6 U-Bahnhof Schadowstraße mit Grundriss (links) und 3-D-Architekturmodell (rechts)

6 Schadowstraße Metro station with ground plan (left) and 3-D architectural model (right)



werden können. Die Bahnsteige haben eine Länge von 90 m. Die Höhe beträgt wegen der dort eingesetzten niederflurigen Stadtbahnfahrzeuge nur 25 cm.

### **2.3.1 Haltepunkte der neuen Wehrhahn-Linie**

#### **Haltestelle Wehrhahn S**

Die Haltestelle Wehrhahn S befindet sich auf der Brücke über den DB-Bahnanlagen. Die Seitenbahnsteige werden um 6,60 m nach Osten verschoben. Der Zugang erfolgt von der westlichen Seite. Hier sind signalgeregelte Fußgängerüberwege vorgesehen.

#### **U-Bahnhof Jacobistraße/ Pempelforter Straße**

Der U-Bahnhof Jacobi-/Pempelforter Straße liegt im Einmündungsbereich Oststraße in die Straße „Am Wehrhahn“ und umfasst zwei Seitenbahnsteige mit einer Breite von 3,30 m. Er ist durch fünf Zugänge erschlossen, die auf zwei Verteilergeschosse führen und wechselweise aus Fest- und aus Rolltreppen bestehen. In ähnlicher Form sind Fahrebene und Verteilergeschoss miteinander verbunden. Zudem führen 2 Aufzüge an die Straßenoberfläche.

#### **U-Bahnhof Schadowstraße**

Der U-Bahnhof Schadowstraße (Bild 6) liegt unter dem Kreuzungsbereich Berliner Allee/Schadowstraße und umfasst zwei Seitenbahnsteige mit einer Breite von 4,50 m. Der U-Bahnhof wird durch drei Zugänge erschlossen, die auf zwei Verteilergeschosse an den Bahnhofsköpfen führen. Die Treppenanlage werden grundsätzlich aus auf- und abwärts führenden Rolltreppen und Festtreppen gebildet.

Die Verbindungen zu den Verteilergeschossen bestehen am Westkopf aus jeweils einer auf- und abwärts führenden Rolltreppe sowie einer Festtreppe, am Ostkopf aus jeweils

einer auf- und abwärts führenden Rolltreppe. Am Westkopf befindet sich auf jedem Bahnsteig ein Aufzug, der mit Anschluss an das westliche Verteilergeschoss weiter bis an die Straßenoberfläche führt. Zwischen den Aufzügen befindet sich eine zur Oberfläche reichende Lichtöffnung.

#### **U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee (unten)**

Der U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee (unten) schließt an den vorhandenen Bahnhof an und liegt östlich der Heinrich-Heine-Allee. Der neue Bahnhof erhält einen Mittelbahnsteig mit 90 m Länge und eine Breite von 8,80 m. Der Anschluss an den vorhandenen U-Bahnhof erfolgt über bereits heute fertige gestellte Treppenanlagen mit je einer Festtreppe und einer Rolltreppe. Weiterhin wird die Verteilerebene (Heinrich-Heine-Passage) oberhalb des vorhandenen U-Bahnhofs durch eine Treppenanlage mit auf- und abwärts führenden Rolltreppen direkt mit dem neuen Bahnsteig verbunden. Daneben ist ein Aufzug vorgesehen, der von dem neuen Bahnsteig zur vorhandenen Verteilerebene und der Oberfläche führt. Für das Umsteigen zum heutigen U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee sind noch zwei Aufzüge am Südkopf der vorhandenen Bahnsteige vorgesehen. Sie verbinden die Heinrich-Heine-Passage mit der heute bereits in Betrieb befindlichen Fahrebene.

Die Erschließung des Bereichs Corneliusplatz/Königsallee erfolgt über einen auf der östlichen Seite der Königsallee liegenden Zugang mit einem Verteilergeschoss. Hier sind ebenfalls Fest- und Rolltreppen vorgesehen.

#### **U-Bahnhof Benrather Straße**

Der U-Bahnhof Benrather Straße liegt unmittelbar südlich der Kreuzung Benrather/Ka-

Metro station can be reached via 3 accesses, which lead to the ends of the station at 2 distribution levels. The stairs basically consist of escalators and fixed stairways leading up and down.

The connections with the distribution levels consist of an escalator leading up and down at the western end as well as a fixed stairway while there is an escalator leading up and down at the eastern end. There is a lift on each platform at the western end, which travels to the western distribution level and then to the surface. There is a port for light extending to the surface between the lifts.

#### **Heinrich-Heine-Allee Metro Station (Low Level)**

The Heinrich-Heine-Allee Metro Station (Low Level) links

up with the existing station and is located to the east of the Heinrich-Heine-Allee. The new station will possess a centre platform some 90 m long and 8.80 m wide. It will link up with the existing Metro station via staircases that have already been completed each with a fixed stairway and an escalator. In addition the concourse (Heinrich-Heine-Passage) above the existing Metro station will be directly connected with the new platform through escalators leading up and down. In addition a lift is foreseen, which will run from the new platform to the existing concourse and the surface. Two lifts at the southern end of the existing platforms are foreseen for transferring to the present Heinrich-Heine-Allee Metro Station. They



7 U-Bahnhof Graf-Adolf-Platz mit Grundriss/Schnitt (links) und 3-D-Architekturmodell (rechts)

7 Graf-Adolf-Platz Metro Station with ground plan/section (left) and 3-D architectural model (right)

sernenstraße und umfasst zwei Seitenbahnsteige mit einer Breite von 3,30 m. Sie sind zu erreichen über zwei Zugänge in der Benrather Straße westlich und östlich der Kasernenstraße, die in ein Verteilergeschoss münden. Auch hier werden die unterschiedlichen Ebenen mit Fest- und Rolltreppen verbunden. Am Südkopf des U-Bahnhofes befindet sich auf jeder Bahnsteigseite ein Aufzug, der direkt an die Straßenoberfläche führt. Als zusätzlichen Fluchtweg gibt es am Südkopf je Gleisseite ein Nottreppenhaus.

#### **U-Bahnhof Graf-Adolf-Platz**

Der U-Bahnhof Graf-Adolf-Platz (Bild 7) liegt südlich der Kreuzung Graf-Adolf/Haroldstraße mit der Kasernen-/Elisabethstraße und umfasst zwei Seitenbahnsteige mit einer Breite von 3,30 m. Der U-Bahnhof ist durch drei Zugänge erschlossen, die in ein Verteilergeschoss am Nordkopf münden und aus Fest- und Rolltreppen bestehen. Die Bahnsteigtreppe zum Verteilergeschoss sind nach Norden ausgerichtete Treppenanlagen. Am Nordkopf des U-Bahnhofes befindet sich auf jeder Bahnsteigseite ein Aufzug, der, mit Zwi-

schlenhalt im Verteilergeschoss, direkt an die Straßenoberfläche führt. Als zusätzlicher Fluchtweg ist am Nord- sowie am Südkopf jeweils ein Nottreppenhaus je Gleisseite vorgesehen.

#### **U-Bahnhof Kirchplatz**

Der U-Bahnhof Kirchplatz liegt südlich der Kreuzung Fürstenwall/Elisabethstraße und hat zwei Seitenbahnsteige mit einer Breite von 3,30 m. Er wird durch drei Zugänge erschlossen, die zu einem Verteilergeschoss am Nordkopf führen. Von hier aus gelangt man über die 2. Treppenebene in den Fahrbereich. Am Nordkopf des U-Bahnhofes befindet sich auf jedem Bahnsteig ein Aufzug, der mit Zwischenhalt im Verteilergeschoss, direkt an die Straßenoberfläche führt.

#### **Haltestelle Bilk S**

Die Haltestelle Bilk S liegt nördlich der Brücke Friedrichstraße teilweise in der Rampe Bilk. Die Seitenbahnsteige haben eine Länge von 60 m. Die Breite beträgt 3,90 m. Der Haltestellenzugang führt am Nordkopf über Fußgängerampeln und am Südkopf über signalregelte Fußgängerüberwege.

link the Heinrich-Heine-Passage with the travelling level, which is already in operation.

The developing of the Corneliusplatz/Königsallee junction is effected by an access with concourse located at the eastern side of the Königsallee. Fixed stairways and escalators will also be installed here.

#### **Benrather Straße Metro Station**

The Benrather Straße Station is located immediately south of the Benrather/Kasernenstraße intersection and consists of 2 side platforms each 3.30 m wide. They can be reached via 2 accesses in the Benrather Straße to the west and east of the Kasernenstraße, which lead into a concourse. Here too the different levels are linked by fixed stairways and escalators. At the southern end of the Metro station there is a lift at each platform, which leads directly to the surface. There is an emergency stairway on each side at the southern end as an additional means of evacuation.

#### **Graf-Adolf-Platz Metro Station**

The Graf-Adolf-Platz Metro Station (Fig. 7) is located to the

south of the intersection of the Graf-Adolf/Haroldstraße with the Kasernen-/Elisabethstraße and embraces 2 side platforms each 3.30 m wide.

The Metro station is reached by 3 accesses, which cumulate in a concourse at the northern end and consist of fixed stairways and escalators. The platform stairways to the concourse are aligned towards the north. At the Metro station's northern end there is a lift on each side of the platform, which leads directly to the surface with an intermediate stop in the distribution level. An emergency stairway is foreseen at each side of the tracks at the north and south ends as additional means of evacuation.

#### **Kirchplatz Metro Station**

The Kirchplatz Metro Station is located to the south of the Fürstenwall/Elisabethstraße junction and possesses 2 side platforms each 3.30 m wide. It is reached via 3 accesses, which lead to a distribution level at the northern end. From this point 2 sets of stairs leads to the travelling level. At the Metro station's north end there is a lift on each platform, which leads directly to the surface with an in-



Beim Brandschutz der U-Bahnhöfe wurde unter Federführung der Stadt Düsseldorf ein umfassendes ganzheitliches Sicherheitskonzept entwickelt, bei dem neben den baulichen Vorkehrungen auch organisatorische und betriebliche Belange Berücksichtigung fanden. Im Rahmen des vorbeugenden baulichen Brandschutzes wird die maximal mittlere Fluchtweglänge von 300 m gemäß der BOStrab eingehalten.

### 3 Baugrund und Grundwasser

#### 3.1 Baugrund

Im Rahmen einer Baugrund- und Altlastenuntersuchung für die Stadtbahnstrecke der Wehrhahn-Linie wurden neben einer Auswertung bereits vorhandener Unterlagen verschie-

dene Baugrunderkundungen durchgeführt und in einem Baugrundgutachten zusammengefasst. Danach ist der gesamte Trassenbereich (Bild 8) gekennzeichnet durch den typischen 4-schichtigen Düsseldorfer Baugrund. Er besteht aus:

Schicht A Auffüllung  
Schicht B Decklehm (Alluviale Hochflutbildungen)  
Schicht C quartäre Kies-Sand-Gemische (Niederterrasse des Rheins)  
Schicht D tertiärer Feinsand.

#### 3.2 Grundwasser

Die hydrologischen Verhältnisse werden bestimmt durch einen geschlossenen Grundwasserhorizont innerhalb der quartären Sande und Kiese der Rheinterrasse sowie durch die Wasserführung des Rheins. Die

intermediate stop in the course.

#### Bilk S Stop

The Bilk S stop is located to the north of the Friedrichstraße bridge partially in the Bilk ramp. The side platforms are 60 m long and each 3.90 m wide. The stop is reached via pedestrian ramps at the northern end and via pedestrian crossings regulated by traffic lights at the southern end.

A comprehensive safety concept was developed under the guidance of the City of Düsseldorf with regard to fire protection for the Metro stations. Apart from structural precautions, organisational and operational considerations were also taken into account. Within the scope of preventive structural fire protection the maxi-

mum evacuation route length of 300 m is adhered to in keeping with BOStrab (regulations governing tramways and Metros).

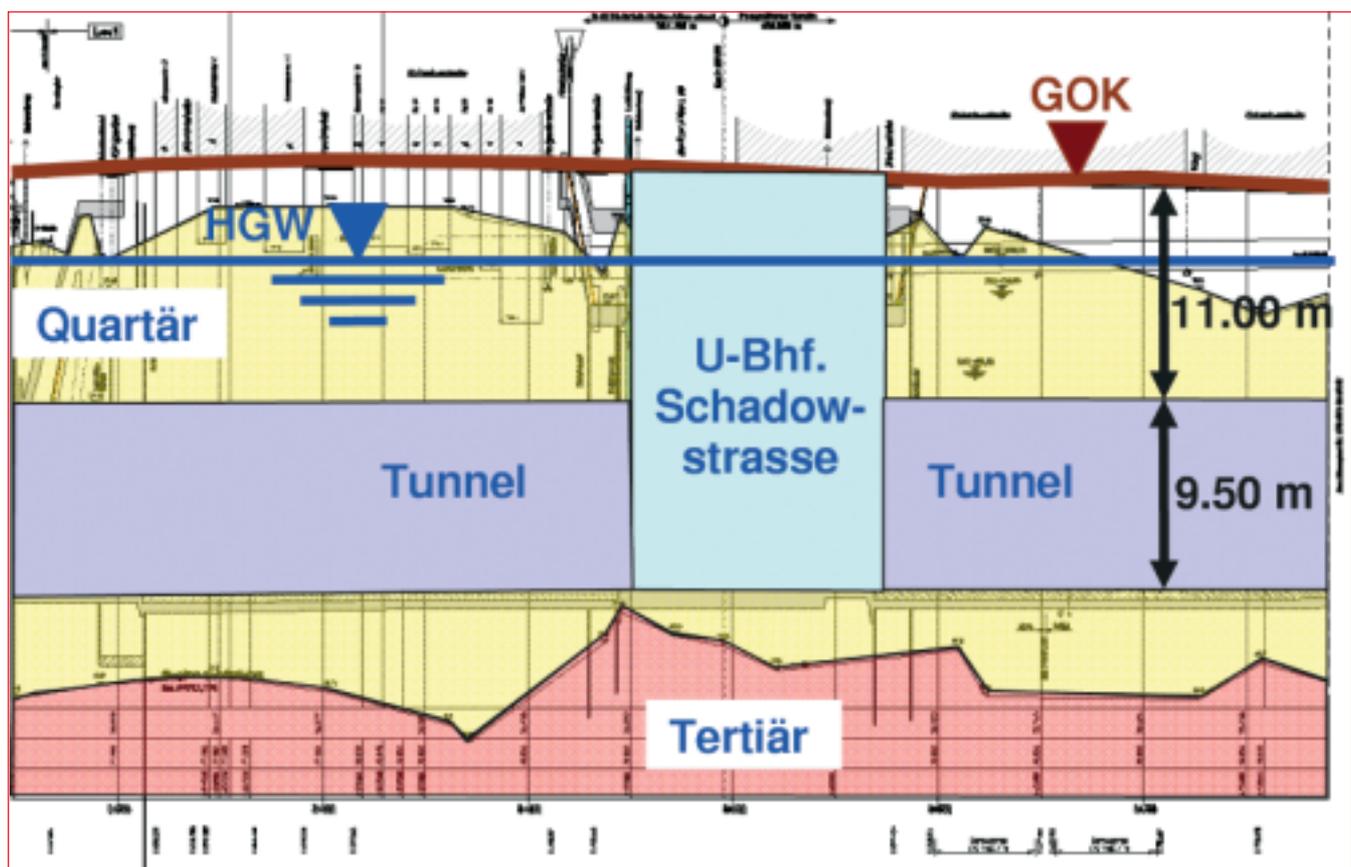
### 3 Subsoil and Groundwater

#### 3.1 Subsoil

Within the framework of subsoil and residual waste investigations for the Wehrhahn Line urban rail route, various subsoil explorations were carried out in addition to evaluating existing documents and summed up in a subsoil expertise. It reveals that the total area of the route (Fig. 8) is characterised by the typical 4-layer Düsseldorf subsurface:

Layer A: fill

Layer B: top loam (alluvial flood formations)



8 Geologischer Längsschnitt Tunneltrasse

8 Geological longitudinal section of the tunnel route

großräumige Fließrichtung des Grundwassers ist bei mittleren Wasserständen nach Nordwesten bis Westen zum Rhein als Vorfluter hin gerichtet. Rheinhochwasserstände führen zu einer landeinwärts gerichteten Infiltration mit einem der großräumigen Fließrichtung entgegen gerichteten Anstieg des Grundwassers.

Generell ist aufgrund der bereichsweise schräg zur Grundwasserfließrichtung verlaufenden Trasse ein je nach Lage bzw. Stationierung unterschiedlicher Wasserstand zugrunde zu legen. Durch die gewählte Art der Baugrubenausführung mit Schlitz-, Dicht- oder Bohrpfahlwänden, die bis ins Tertiär reichen, werden die Restwasserfördermengen minimiert.

Für die Eingriffe an bestehenden Konstruktionen bzw.

den Anschluss an diese sind partielle Grundwasserabsenkungen erforderlich. Die anfallenden Wassermengen der einzelnen offenen Baubereiche werden in die von innerstädtischen Fließgewässern durchflossenen Ziergewässer (Düssel-Süd, -Nord, Kö-Graben sowie Schwanenspiegel und Kaiserteich) abgeführt. Dazu wird das zu fördernde Grundwasser über spezielle Leitungen im Straßenraum schnellstmöglich der Vorflut zugeführt.

In Abhängigkeit von der Wasserqualität wird eine Aufbereitung des Grundwassers vor Einleitung in die Oberflächengewässer derart durchgeführt, dass die Einleitkriterien gemäß Vorgabe der unteren Wasserbehörde eingehalten werden.

Entsprechend den durchgeführten hydrologischen Unter-

Layer C: quaternary gravel-sand mixtures (lower Rhine terrace)

Layer D: tertiary fine sand.

### 3.2 Groundwater

The hydrological conditions are governed by a closed groundwater table within the quaternary Rhine terrace sands and gravels as well as the water levels of the Rhine. The groundwater's large-scale direction of flow is aligned to the Rhine as a receiving water course given average water levels to the north-west to west. Rhine high-water levels lead to infiltration directed landwards with a rise in the groundwater aligned against the large-scale direction of flow.

Generally speaking on account of the route that partially runs transversely to the groundwater direction of flow a differ-

ing water level can be assumed depending on the location. The residual amounts of water carried are minimised by the selected form of construction pit design with diaphragm, sealing or drilled piling walls.

Partial groundwater lowering is essential for tackling existing structures or rather connecting up with them. The occurring amounts of water from the individual open construction zones are transferred into watercourses flowing through the centre of the city as ornamental waters (Düssel-Süd, -Nord, Kö-Graben as well as Schwanenspiegel and Kaiserteich) and removed. Towards this end the groundwater that has to be transferred is carried to the collectors as quickly as possible via special pipelines. Depending on the water quality

suchungen führt das neue Stadtbahnbauwerk infolge seiner Sperrwirkung im Endzustand nur zu geringen Aufstauwirkungen im Grundwasserleiter.

## 4 Vorgesehene Bauweise im Rohbau

### 4.1 Stadtverträglichkeit

Die Wehrhahn-Linie unterquert die Düsseldorfer City und damit das Herz der Stadt. Viele Anlieger und Gewerbetreibende leben und arbeiten entlang des geplanten Streckennetzes, belebte Einkaufsstraßen und stark frequentierte Fußgängerbereiche befinden sich im Baubereich. Auf die Hauptverkehrsstraßen, unter denen schon in wenigen Jahren wie selbstverständlich die neuen U-Bahn-

Linien verkehren werden, sind Wirtschaft und Menschen gleichermaßen angewiesen.

Oberste Maßgabe ist daher, die Eingriffe an der Oberfläche entlang der Strecke auf ein Mindestmaß zu reduzieren, d. h. eine stadtverträgliche Bauweise vorzusehen. Dazu sollen in weiten Teilen der Strecke einerseits der unterirdische Schildvortrieb und andererseits die Deckelbauweise für die Erstellung der Bahnhofsbauwerke beitragen. Zudem wurde bei der Anordnung der U-Bahnhöfe darauf geachtet, dass die Inanspruchnahme privater Grundstück auf ein Minimum reduziert bleibt. Mit den Eigentümern, unter deren Grundstücken ein Tunnelbauwerk, DSV-Injektionen, Verpressanker für Baugruben,

the groundwater is prepared in such a fashion prior to it being transferred into the surface waters that the criteria for it being transferred correspond with the requirements of the water authorities.

In keeping with the hydrological investigations that were carried out the new urban railway structure will only exert a minimal effect in its final state as far as disturbing the groundwater table is concerned.

## 4 Intended Construction Method for Roughwork

### 4.1 Urban Compatibility

The Wehrhahn Line crosses underneath the centre of Düsseldorf in other words the

very core of the city. Many local residents and business owners live and work along the planned route network. Busy shopping streets and highly frequented pedestrian zones are to be found in the area where construction will be carried out. Industry and individuals are equally dependent on the main traffic arteries, beneath which the new Metro lines will run as a matter of course in only a few years from now.

As a consequence the main consideration has to be to reduce intervention on the surface along the route to the very minimum, i.e. to make use of a method of construction that is compatible in urban terms. Towards this end underground shield driving is devised to contribute towards this goal in large sections of the route and in others the top cover method for creating the stations

Furthermore it was taken into consideration when planning the Metro stations that private property was encroached on as little as possible. Agreements were drawn up with owners, under whose properties a tunnel, jet grouting injections, grouting anchors for construction pits, temporary pipeline brackets, the temporary dismantling of cellar light wells etc. had to be executed, long before building began, and at the same time a great deal of information provided about the new construction project. During the PR activities undertaken well in advance of the actual project, the negative effects produced by the inner urban construction scheme were presented in detail at regular intervals.

Successful cooperation with local residents and the media is part of the "urban compatibility" of the Wehrhahn Line strategy and thus represents an important element for the project's success.



9 Baulose der Wehrhahn-Linie

9 Wehrhahn Line contract sections

temporäre Leitungsaufhängungen, temporäre Demontage von Kellerlichtschächten etc. errichtet werden, wurden weit vor Baubeginn Gestattungsvereinbarungen geschlossen und dabei bereits zahlreiche Informationen zum neuen Bauprojekt übermittelt. Bei der frühzeitig begonnenen Öffentlichkeitsarbeit wurden die Beeinträchtigungen durch die innerstädtische Baumaßnahme ausführlich und regelmäßig vorgestellt.

Die erfolgreiche Kooperation mit Anliegern und Presse gehört zum Strategiekonzept „Stadtverträglichkeit“ der Wehrhahn-Linie und stellt somit einen wichtigen Baustein für das Gelingen des Projektes dar.

#### 4.2 Aufteilung und Vergabe der Rohbau-Arbeiten

Für die Realisierung der Wehrhahn-Linie ist eine ca. 5,5-jährige Rohbauzeit vorgesehen. Die Aufteilung dieser Arbeiten hat folgende, maßgebende Baulose ergeben (Bild 9).

##### **Baulos 1:**

Schildvortrieb im Süd- und Ostast und Erstellung von 5 U-Bahnhöfen in Deckelbauweise und von 2 Rampenbauwerken in offener Bauweise. Die Ausführung erfolgt durch die Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH.

##### **Baulos 2:**

Unterfahrung des Kaufhofs an der Kö mit Hilfe der Vereisungstechnik zur Erstellung des U-Bahnhoft Heinrich-Heine-Allee. Die Arge Wehrhahn-Linie 2 bestehend aus Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG und Bauer Spezialtiefbau GmbH führt hier die Arbeiten aus.

Der Auftrag für die Arbeiten zur Bauüberwachung wurde an die Arge Bauüberwachung Wehrhahn-Linie bestehend aus den Büros Schüssler-Plan,

Zerna-Ingenieure, Spiekermann, PSP und Grassl erteilt.

In einem vorlaufenden Teilnahmewettbewerb hatten sich 4 Bietergemeinschaften qualifiziert. Nach dem zweiten Schritt des Vergabeverfahrens gemäß VOB/A war Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH der Mindestbietende im Los 1.

Beim Vergabeverfahren zum Baulos 2 war nicht der niedrigste Preis allein entscheidend. Hier wurden in den Ausschreibungsunterlagen ausdrücklich Nebenangebote erwünscht, die die Beeinträchtigungen an der Oberfläche im zentralen Innenstadtbereich der Stadt Düsseldorf reduzieren sollten.

Im Verwaltungsentwurf war die Abfangung des Kaufhofs an der Königsallee mit Hilfe einer aufwändigen Rohrschirmdecke ausgeschrieben (Bild 10). Zu diesem Zweck war es bautechnisch zwingend erforderlich, in diesem Bereich eine umlaufende Dichtwand zu erstellen, bei der neben zahlreichen verkehrlichen Einschränkungen über eine lange Bauzeit auch häufig wechselnde Bauflächen im Innenstadtbereich vorgesehen waren.

Das von der Bietergemeinschaft Wayss & Freytag, Max Bögl und Bauer Spezialtiefbau vorgelegte Nebenangebot beinhaltete eine Unterfahrung des Kaufhofs mit Hilfe der Vereisungstechnik. Neben der verkürzten Bauzeit konnte dadurch erreicht werden, dass sich die Baustellenaktivitäten nur noch auf ¼ der im Verwaltungsentwurf vorgesehenen Flächen bewegen und somit das innerstädtische Umfeld – auch durch die stark reduzierte Ausdehnung der Spezialtiefbaumaßnahmen – erheblich geschont wird. Dieser kostenmäßig höhere Sondervorschlag wurde gerade aufgrund der stadtverträglichen Vorteile, die im Vergabeverfahren bewertet wurden, durch die Stadt Düsseldorf beauftragt.

#### 4.2 Division and Allocation of the Roughwork Operations

An approx. 5.5 year long roughwork construction period has been foreseen for accomplishing the Wehrhahn Line. The division of these operations has resulted in the following main contract sections (Fig. 9).

##### **Contract Section 1:**

Shield driving in the south and east artery and production of 5 Metro stations by the top cover method and of 2 ramp structures by cut-and-cover. Bilfinger Berger Ingenieurbau GmbH is responsible for the execution.

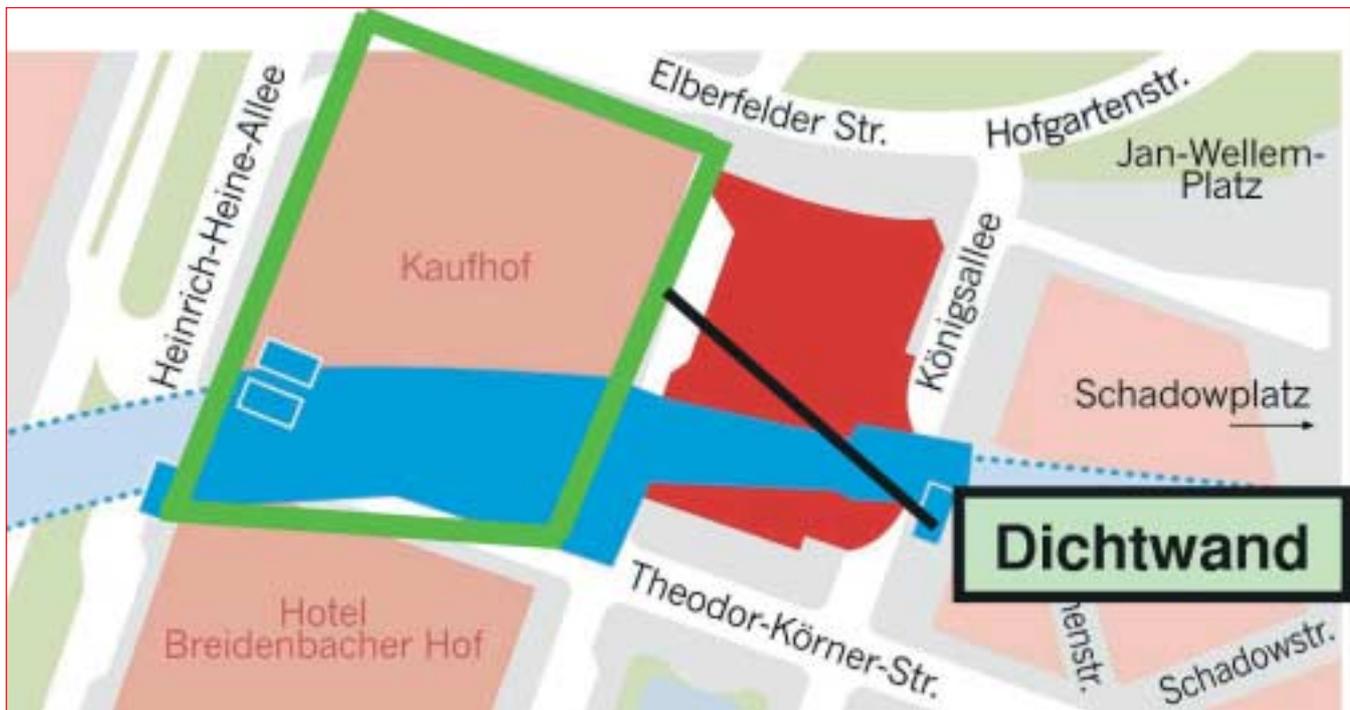
##### **Contract Section 2:**

Undertunnelling the Kaufhof department store on the Kö

(Königsallee) with the help of freezing technology to produce the Heinrich-Heine-Allee Metro Station. The Wehrhahn-Linie 2 JV consisting of Wayss & Freytag Ingenieurbau AG, Max Bögl Bauunternehmung GmbH & Co. KG and Bauer Spezialtiefbau GmbH is to undertake the work here.

The JV Bauüberwachung Wehrhahn Line comprising the offices Schüssler-Plan, Zerna-Ingenieure, Spiekermann, PSP and Grassl was commissioned to supervise construction activities.

Four groups of bidders qualified in a provisional competition among participants. Bilfinger Berger Ingenieurbau AG emerged as the lowest bidder in contract section 1 following stage 2 of the award procedure in keeping with VOB/A (terms for building works).



10 Dichtwand Bereich Kaufhof (Verwaltungsentwurf)

10 Sealing wall at the Kaufhof (administrative draft)

### 4.3 Bauverfahren im Rohbau

#### 4.3.1 Bahnhöfe in Deckelbauweise

Wo die neuen unterirdischen Bahnhöfe entstehen, wird die Belastung für Anwohner, Gewerbe und dem fließenden Verkehr so gering gehalten wie möglich: Mit Hilfe der sogenannten Deckelbauweise (Bild 11). Diese Bauweise ist für die drei U-Bahnhöfe Benrather Straße, Graf-Adolf-Platz und Kirchplatz im Südast und für die U-Bahnhöfe Schadowstraße und Jacobi-/Pempelforter Straße vorgesehen.

Die Deckelbauweise reduziert die Arbeiten an der Oberfläche auf ein Minimum und lässt Platz für den fließenden Verkehr. Nach den aufwändigen Leitungsverlegungen und den Gleisverschwenkungen in der ersten Hauptverkehrsphase starten die Schlitzwand- und Betonarbeiten auf einer Straßenseite (Ostseite). Währenddessen bleibt die Verkehrsführung bestehen, jedoch redu-

ziert sich die Straßenbreite erheblich. Die Zuwegungen und Zufahrten zu den Häusern, Geschäften, Gewerbetreibenden etc. bleiben in dieser Zeit aufrecht erhalten. Hierzu sind Hilfsbrücken und Abdeckungen erforderlich. In der zweiten Hauptverkehrsphase werden die Felder getauscht, die Arbeiten wiederholen sich in dem Fall auf der Westseite, so dass der Bahnhofsdeckel vervollständigt werden kann.

Im letzten Schritt kann der Verkehr in seiner nahezu ursprünglichen Lage zurückverlegt werden. Ab diesem Zeitpunkt wird die Oberflächenbeeinträchtigung für die Anwohner durch die Baumaßnahme Wehrhahn-Linie erheblich reduziert. Der zwischenzeitlich gestartete Schildvortrieb durchfährt die noch nicht ausgehobenen Bahnhöfe. Erst danach beginnen unter den Bauwerksdeckeln die Aushubarbeiten und dabei auch der Abbruch der Schildröhre im Bahnhofsgebiet.

During the award procedure for contract section 2 the lowest price was not decisive alone. Secondary proposals were expressly called for in the tendering documents in this case, which were intended to reduce the negative influences felt on the surface in the central downtown area of the City of Düsseldorf.

In the administrative draft undertunnelling the Kaufhof on the Königsallee with the help of a complex pipe umbrella cover was called for (Fig. 10). For this purpose it was essential to set up a continuous sealing wall in this zone, which would result in construction areas having to be frequently changed in the city centre quite apart from numerous restrictions to traffic over a lengthy period.

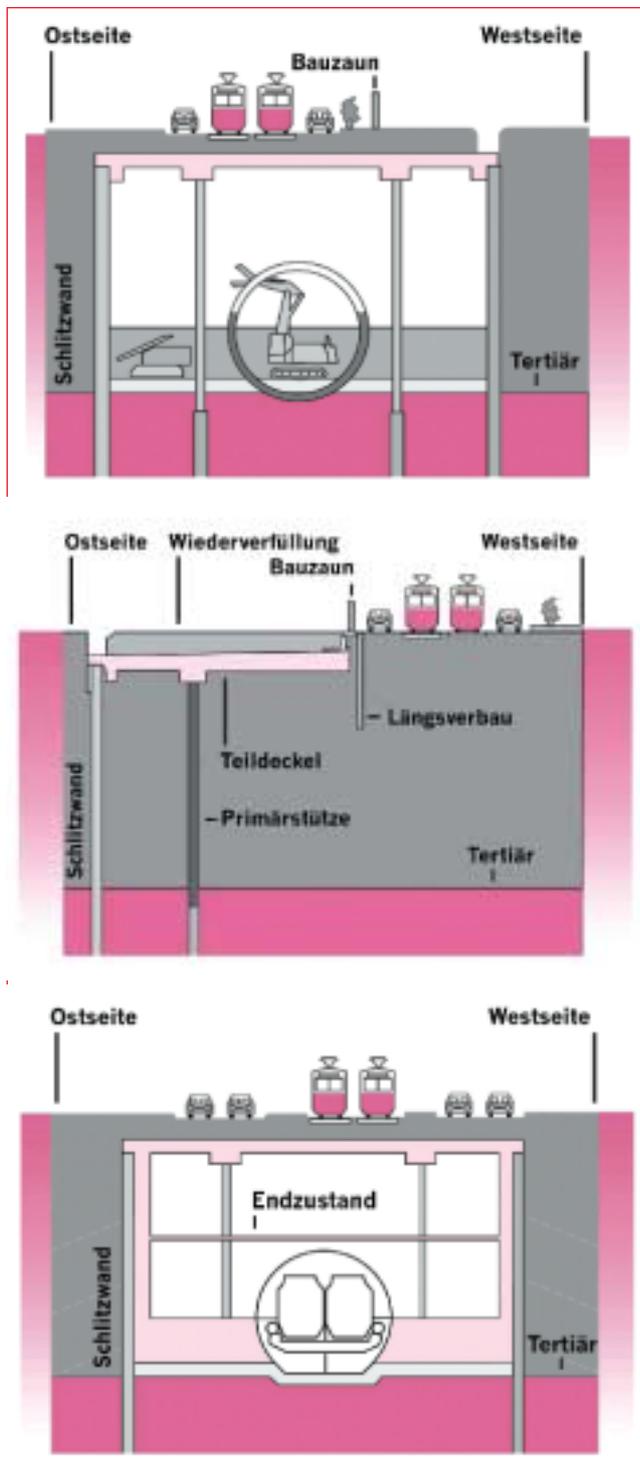
The alternative offer put forward by the JV Ways & Freytag, Max Bögl and Bauer Spezialtiefbau related to undertunnelling the Kaufhof using freezing technology. Apart from cutting

down on the construction period this also meant that site activities would be confined to only a quarter of the areas foreseen in the administrative draft so that the inner urban environment would not suffer nearly as much – also owing to the fact that the special foundation engineering measures would be considerably curtailed. This special proposal was admittedly more expensive but it was commissioned by the City of Düsseldorf based on the urban compatible advantages, which were assessed in the award procedure.

### 4.3 Construction Measures for Roughwork

#### 4.3.1 Stations by the Top Cover Method

The impact on local residents, commerce and flowing traffic is kept as low as possible where the new underground stations are being set up: with the help of what is known as the top cover method (Fig. 11). This



11 Bauphasen der Deckbauweise

11 Construction phases of the top cover method

Die U-Bahnhöfe werden als wasserundurchlässige Stahlbeton-Rahmenkonstruktionen hergestellt.

#### 4.3.2 Tunnel mit Schildvortrieb

Der Vortrieb erfolgt zum überwiegenden Teil in den quartären Sand- und Kiesschichten,

construction process has been foreseen for the 3 Metro stations Benrather Straße, Graf-Adolf-Platz and Kirchplatz and for the Schadowstraße and Jacobi/Pempelforter Straße Metro stations.

The top cover method reduces work on the surface to a minimum and leaves room for traffic to flow. After the complex laying of pipelines and redirecting tracks during the initial main traffic phase producing the diaphragm wall and concrete work begins on the one side of the street (east side). During this time traffic continues to run although the road width was substantially curtailed. The paths and roads leading to the houses, shops and other businesses are still maintained throughout this period although ancillary bridges and coverings are necessary. During the second main traffic phase the areas are switched, the work is repeated in this case on the west side so that the station cover can be completed.

During the final phase the traffic can practically be relocated in its original state. As from this timepoint the surface nuisance for local residents is considerably reduced by the Wehrhahn Line construction method. The shield drive, which has been started in the meantime, passes through the sta-

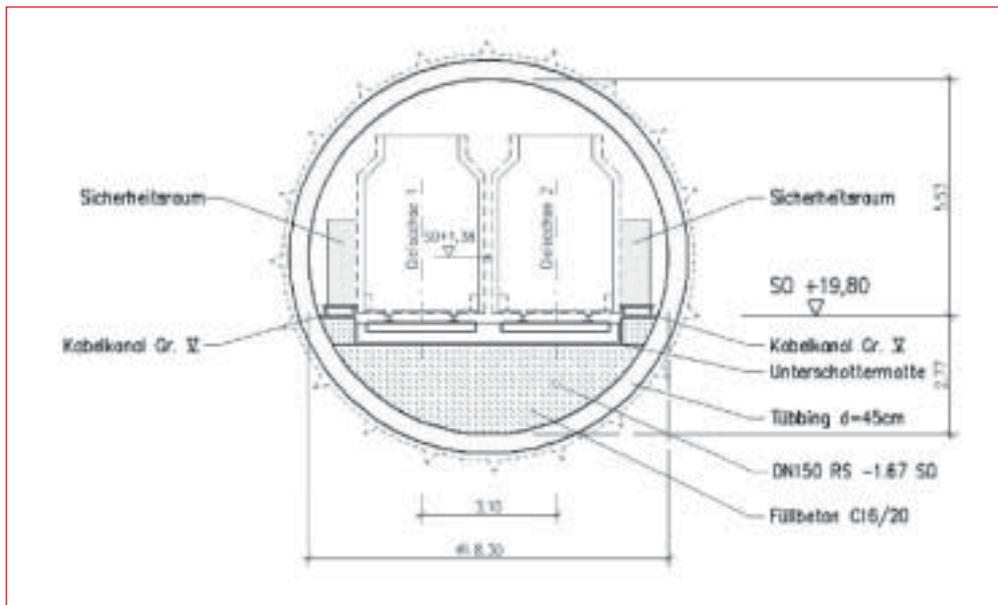
tions, which have still to be excavated. Excavation work then first begins below the top covers including the demolition of the shield bore in the station area. The Metro stations are produced as watertight reinforced concrete frame structures.

#### 4.3.2 Shield-driven Tunnel

The drive mainly takes place in the quaternary sand and gravel layers with tertiary soils being penetrated only locally. Filled soils and high flood loam are located above the excavated cross-section. The excavation essentially takes place in the groundwater's sphere of influence. As a result a shield drive with fluid-supported face is applied together with a 45 cm thick monocoque segmental lining. The tunnel boring machine is 9.50 m in diameter. The minimal route radius amounts to 300 m in the ground plan given a simultaneous gradient curve of 2,000 m. The twin-track cross-section displayed in Fig. 12 is provided with ballast mats or a mass-spring system where required.

#### 4.3.3. Undertunnelling the Kaufhof on the Kö using Freezing

The Heinrich-Heine-Allee Metro Station is positioned at the centre of the new Wehrhahn



12 Tunnelquerschnitt

12 Tunnel cross-section

lediglich örtlich begrenzt ist mit dem Anschneiden von tertiären Böden zu rechnen. Aufgefüllte Böden und der Hochflutlehm liegen oberhalb des Auffahrquerschnittes. Der Streckenvortrieb erfolgt zudem grundsätzlich im Einflussbereich des Grundwassers. Zur Anwendung kommt daher ein Schildvortrieb mit flüssigkeitsgestützter Ortsbrust und einschaligem Tübbingausbau mit einer Dicke von 45 cm. Die Tunnelvortriebsmaschine hat einen Durchmesser von 9,50 m. Der minimale Streckenradius beträgt 300 m im Grundriss bei gleichzeitiger Gradientenausrundung von 2000 m. Der in Bild 12 dargestellte, zweigleisige Querschnitt erhält je nach Anforderung bereichsweise Unterschottermatten und bereichsweise ein Masse-Feder-System.

#### 4.3.3 Unterfahrung des Kaufhofs an der Kö mit Vereisung

Der U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee befindet sich in der Mitte der neuen Wehrhahn-Linie und liegt als einziger U-Bahnhof nicht mehr nur im

städtischen Straßenraum, sondern unterquert den denkmalgeschützten Kaufhof an der Königsallee (Bild 13). Zudem kreuzt die Wehrhahn-Linie hier das in den 1980er Jahren erstellte Bauwerk für die heute bereits in Betrieb befindlichen Stadtbahnstrecken der Nord-Ost-Verbindungen.

Line and is the only Metro station not actually located in municipal territory, passing beneath the protected Kaufhof building on the Königsallee (Fig. 13). In addition here the Wehrhahn Line intersects the structure produced during the 1980s for the now operational urban rail routes for the north-east links.

For this purpose a pipe umbrella cover was foreseen in the administrative draft. During the commissioning procedure a special proposal was produced and approved for this. The Heinrich-Heine-Allee Metro Station is to be produced beneath the Kaufhof by trenchless means protected by ground freezing. Towards this end approx. 75 m long freezing pipes are needed, through which a calcium chloride solution (brine) at a temperature of  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  freezes the surrounding ground. The highest demands are placed on the positional accuracy of the drill-holes employed for freezing, which must also taken a radius of 350 m into consideration in the ground plan. The frozen zone fulfils 2 purposes:

- A static bearing function for stabilising the soil for the trenchless excavation
- A waterproofing one against the surrounding groundwater.

The drilling is controlled and surveyed by means of highly-precise, ultra-modern gyrocompass technology. Details relating to the growth of the frozen zone are obtained by roughly 500 temperature sensors. In measurement cycles lasting



13 Kaufhof an der Kö mit unterirdischem Bahnhof

13 Kaufhof on the Kö with underground station

Im Verwaltungsentwurf war zu diesem Zweck eine Rohrschirmdecke vorgesehen. Im Vergabeverfahren wurde hierzu ein Sondervorschlag erstellt und beauftragt. Der U-Bahnhof Heinrich-Heine-Allee wird unterhalb des Kaufhofs in rein bergmännischer Bauweise im Schutze eines Vereisungskörpers hergestellt. Hierzu sind ca. 75 m lange Gefrierrohre erforderlich, durch die eine Calciumchlorid-Lösung (Sole) mit einer Temperatur von  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$  den umgebenden Boden gefrieren wird. Höchste Anforderungen werden hier an die Lagegenauigkeit dieser Vereisungsbohrungen gestellt, die zudem noch im Grundriss einen Radius von 350 m zu berücksichtigen haben. Der Frostkörper hat zwei Funktionen:

- Statisch tragend als Bodenstabilisierung für den bergmännischen Vortrieb
- Wasserabdichtend gegen das anstehende Grundwasser.

Die Steuerung und Vermessung der Bohrungen erfolgt mittels hochpräziser modernster Kreiselkompass-Technik. Aussagen zum Frostkörperwachstum werden durch ca. 500 Temperaturfühler gewonnen. In Messrhythmen von wenigen Minuten wird eine zuverlässige Aussage zur Dichtigkeit und Ausdehnung des Frostkörpers geschaffen. Die während des Bauverfahrens entstehenden Setzungen des Kaufhof-Gebäudes werden mit Hilfe

von Kompensationsinjektionen ausgeglichen. Dazu gehört ein aufwändiges Monitoringkonzept, das dauerhaft etwaige Bewegungen des Kaufhofs im Millimeterbereich registriert und darstellt.

## 5 Ausblick

Die Ende 2007 gestarteten Rohbau-Arbeiten im Los 1 und 2 der Wehrhahn-Linie verlaufen nahezu planmäßig. Aufgrund der ausführlichen und detaillierten Vorbereitungen befindet sich das Projekt derzeit im Kosten- und Terminrahmen. Im März 2010 startete im Südast – so wie im Terminplan vorgesehen – der erste Schildvortrieb. Im Laufe des Jahres werden sukzessive die großräumigen Oberflächenarbeiten im Zuge der Deckelbauweise an den U-Bahnhöfen beendet, so dass sich für den Düsseldorfer Bürger die Beeinträchtigungen durch die Wehrhahn-Linie erheblich reduzieren.

Bei allen vertraglichen Randbedingungen, die zu beachten sind, liegt dies nicht zuletzt an den handelnden Menschen auf der Baustelle. Hier zeigen sich auf beiden Seiten der Vertragspartner kompetente und erfahrene Fachleute, die sich grundsätzlich am Ende von technischen und vertraglichen Diskussionen gemeinschaftlich zum Nutzen des Projektes weiterbewegt haben. 

only a few minutes reliable information relating to the compactness and extent of the frozen zone is provided. The settlements affecting the Kaufhof building during the construction process are compensated for by the help of grouting. This involves an extensive monitoring concept, which continuously registers and reproduces any movements by the Kaufhof in the millimetre range.

## 5 Outlook

The roughwork operations embarked on at the end of 2007 in the Wehrhahn Line's contract sections 1 and 2 are more or less running up to schedule. Thanks to extensive and detailed preparations the project is currently within its cost and deadline framework. In March 2010 the

first shield excavation commenced in the southern artery – as scheduled. In the course of the year the large-scale surface operations in connection with the top cover method will be successively concluded at the Metro stations so that the citizens of Düsseldorf will find themselves having to put up with considerably less nuisance caused by the Wehrhahn Line.

Apart from all the contractual general conditions, which have to be observed, it's really all up to the people engaged on the spot. Competent and experienced experts are involved on both sides as far as the contractual partners are concerned, who find themselves cooperating in the joint interest of the project following up on technical and contractual discussions. 